

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7121238号

(P7121238)

(45)発行日 令和4年8月18日(2022.8.18)

(24)登録日 令和4年8月9日(2022.8.9)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 7/40 (2006.01)

G 0 1 S 7/40 1 0 4

G 0 1 S 13/34 (2006.01)

G 0 1 S 13/34

G 0 1 S 13/931 (2020.01)

G 0 1 S 13/931

請求項の数 36 (全18頁)

(21)出願番号	特願2019-506350(P2019-506350)	(73)特許権者	507107291
(86)(22)出願日	平成29年8月7日(2017.8.7)		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(65)公表番号	特表2019-527831(P2019-527831 A)		レイテッド
(43)公表日	令和1年10月3日(2019.10.3)		アメリカ合衆国 テキサス州 7 5 2 6 5
(86)国際出願番号	PCT/US2017/045789		- 5 4 7 4 ダラス メール ステーション
(87)国際公開番号	WO2018/027232	(74)代理人	3 9 9 9 ピーオーボックス 6 5 5 4 7 4
(87)国際公開日	平成30年2月8日(2018.2.8)		230129078
審査請求日	令和2年8月4日(2020.8.4)	(72)発明者	弁護士 佐藤 仁
(31)優先権主張番号	15/229,927		カーティック サブライ
(32)優先日	平成28年8月5日(2016.8.5)		インド 5 6 0 0 7 6 ケイエイ, パン
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		ガロール, ビーティーエム セカンド
			ステージ, エイティーンズ メイン 1
			6 1
		(72)発明者	ジャスビール シンハ ナヤール
			インド 5 6 0 0 1 6 ケイエイ, パン
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーダーシステムにおける欠陥検出

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーダーシステムであって、

複素ベースバンドを含む受信チャネルと、

前記複素ベースバンドの帯域内 ( I ) チャネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 ( I F ) サンプルと前記複素ベースバンドの直交 ( Q ) チャネルからの対応する第 2 の複数のデジタル I F サンプルとを受信するように前記受信チャネルに結合されるプロセッサであって、前記レーダーシステムにおける機能的安全性欠陥を検出するために、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリック ( m e t r i c ) を計算するように命令を実行するように構成される、前記プロセッサと、

を含み、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとの間の相互相関の測定として計算される、又は、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツについてチェックすることにより計算される、レーダーシステム。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のレーダーシステムであって、

前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数の I F サンプルとが、チャープのフレームと或るフレームにおける単一チャープと或るフレームにおけるチャープのシ

ーケンスとから成るグループから選択される 1 つに対応する、レーダーシステム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のレーダーシステムであって、

前記レーダーシステムが周波数変調連続波 ( F M C W ) レーダーシステムである、レーダーシステム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のレーダーシステムであって、

前記欠陥メトリックが機能的安全性欠陥メトリックである、レーダーシステム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のレーダーシステムであって、

前記欠陥メトリックが、低下した信号対雑音 ( S N R ) を引き起こし得る前記レーダーシステムのいかなる部分における欠陥を識別するために用いられる、レーダーシステム。

【請求項 6】

請求項 4 に記載のレーダーシステムであって、

前記欠陥メトリックが、誤検出、又は障害物の存在又は位置を識別するために用いられる、レーダーシステム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のレーダーシステムであって、

前記欠陥メトリックが前記レーダーシステムにおける部品欠陥を識別するために用いられる、レーダーシステム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のレーダーシステムであって、

前記部品欠陥が前記複素ベースバンド内にある、レーダーシステム。

【請求項 9】

レーダーシステムであって、

複素ベースバンドを含む受信チャンネルと、

前記複素ベースバンドの帯域内 ( I ) チャンネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 ( I F ) サンプルと前記複素ベースバンドの直交 ( Q ) チャンネルからの対応する第 2 の複数のデジタル I F サンプルとを受信するように前記受信チャンネルに結合されるプロセッサであって、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算するように命令を実行するように構成される、前記プロセッサと、

を含み、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとの間の相互相関の測定として計算される、又は、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツについてチェックすることにより計算される、レーダーシステム。

【請求項 10】

レーダーシステムであって、

複素ベースバンドを含む受信チャンネルと、

前記複素ベースバンドの帯域内 ( I ) チャンネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 ( I F ) サンプルと前記複素ベースバンドの直交チャンネルからの対応する第 2 の複数のデジタル I F サンプルとを受信するように前記受信チャンネルに結合されるプロセッサであって、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算するように命令を実行するように構成される、前記プロセッサと、

を含み、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとの間の相互相関の測定として計算される、レーダーシステム。

**【請求項 1 1】**

請求項 1 に記載のレーダーシステムであって、

複素ベースバンドを含む受信チャンネルと、

前記複素ベースバンドの帯域内 (I) チャンネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 (IF) サンプルと前記複素ベースバンドの直交チャンネルからの対応する第 2 の複数のデジタル IF サンプルとを受信するように前記受信チャンネルに結合されるプロセッサであって、前記第 1 の複数のデジタル IF サンプルと前記第 2 の複数のデジタル IF サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算するように命令を実行するように構成される、前記プロセッサと、

を含み、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツについてチェックすることにより計算される、レーダーシステム。

**【請求項 1 2】**

請求項 1 1 に記載のレーダーシステムであって、

熱雑音を上回る前記画像帯域における信号コンテンツが、 $I + jQ$  サンプルデータの複素高速フーリエ変換の負のピンを比較することにより検出される、レーダーシステム。

**【請求項 1 3】**

請求項 1 1 に記載のレーダーシステムであって、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが、熱雑音を上回る信号コンテンツについて前記画像帯域のサブバンドをチェックすることにより計算される、レーダーシステム。

**【請求項 1 4】**

請求項 1 1 に記載のレーダーシステムであって、

別のレーダーからの干渉が検出される場合に、前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが用いられない、レーダーシステム。

**【請求項 1 5】**

請求項 1 1 に記載のレーダーシステムであって、

別のレーダーからの干渉が検出される場合に、前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックが、前記第 1 の複数のデジタル IF サンプルにおいて検出された干渉と前記第 2 の複数のデジタル IF サンプルにおいて検出された干渉との比較として再計算される、レーダーシステム。

**【請求項 1 6】**

レーダーシステムにおける欠陥検出のための方法であって、

前記レーダーシステムの受信チャンネルの複素ベースバンドの帯域内 (I) チャンネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 (IF) サンプルと前記複素ベースバンドの直交 (Q) チャンネルからの対応する第 2 の複数のデジタル IF サンプルとを受信することと、

前記第 1 の複数のデジタル IF サンプルと前記第 2 の複数のデジタル IF サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することと、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックに基づいて欠陥が生じたか否かを判定することと、を含み、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、前記第 1 の複数のデジタル IF サンプルと前記第 2 の複数のデジタル IF サンプルとの間の相互相関の測定を計算すること、又は、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツについてチェックすることを含む、方法。

**【請求項 1 7】**

請求項 1 6 に記載の方法であって、

少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、前記第 1 の複数のデジタル IF サンプルと前記第 2 の複数のデジタル IF サンプルとにおける平均平方エネルギーの比を計算することを含む、方法。

**【請求項 1 8】**

請求項 1 6 に記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとの間の相互相関の測定を計算することを含む、方法。

【請求項 19】

請求項 16 に記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツについてチェックすることを含む、方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法であって、

熱雑音を上回る前記画像帯域における信号コンテンツが、 $I + jQ$  サンプルデータの複素高速フーリエ変換の負のピンを比較することにより検出される、方法。

10

【請求項 21】

請求項 19 に記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、熱雑音を上回る信号コンテンツについて前記画像帯域のサブバンドをチェックすることを更に含む、方法。

【請求項 22】

請求項 19 に記載の方法であって、

別のレーダーからの干渉が検出されるときに、前記欠陥が生じたか否かを判定することが前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを無視することを含む、方法。

【請求項 23】

20

請求項 19 に記載の方法であって、

別のレーダーからの干渉が検出される場合に、前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルにおいて検出される干渉と前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルにおいて検出される干渉の比較として前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを再計算することを更に含む、方法。

【請求項 24】

請求項 16 に記載の方法であって、

前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数の I F サンプルとが、チャープのフレームと或るフレームにおける単一チャープと或るフレームにおけるチャープのシーケンスとから成るグループから選択される 1 つに対応する、方法。

30

【請求項 25】

請求項 16 に記載の方法であって、

前記レーダーシステムが周波数変調連続 ( F M C W ) レーダーシステムである、方法。

【請求項 26】

レーダーシステムにおける欠陥検出のための方法であって、

前記レーダーシステムの受信チャネルの複素ベースバンドの帯域内 ( I ) チャネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 ( I F ) サンプルと前記複素ベースバンドの直交 ( Q ) チャネルからの対応する第 2 の複数のデジタル I F サンプルとを受信することと、

前記レーダーシステムにおける機能的安全性欠陥を検出するために前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することと、

40

を含み、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとの間の相互相関の測定を計算すること、又は、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツについてチェックすることを含む、方法。

【請求項 27】

請求項 26 に記載の方法であって、

前記欠陥メトリックが機能的安全性欠陥メトリックである、方法。

【請求項 28】

50

請求項 27 に記載の方法であって、

前記欠陥メトリックが、低下した信号対雑音 (S N R) を引き起こし得る前記レーダーシステムのどの部分における欠陥を識別するために用いられる、方法。

【請求項 29】

請求項 27 に記載の方法であって、

前記欠陥メトリックが、誤検出、又は障害物の存在又は位置を識別するために用いられる、方法。

【請求項 30】

請求項 26 に記載の方法であって、

前記欠陥メトリックが前記レーダーシステムにおける部品欠陥を識別するために用いられる、方法。

10

【請求項 31】

請求項 30 に記載の方法であって、

前記部品欠陥が前記複素ベースバンド内にある、方法。

【請求項 32】

レーダーシステムにおける欠陥検出のための方法であって、

前記レーダーシステムの受信チャネルの複素ベースバンドの帯域内 (I) チャネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 (I F) サンプルと前記複素ベースバンドの直交 (Q) チャネルからの対応する第 2 の複数のデジタル I F サンプルとを受信することと、

前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することであって、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとの間の相互相関の測定を計算することを含む、前記計算することと、

20

を含む、方法。

【請求項 33】

レーダーシステムにおける欠陥検出のための方法であって、

前記レーダーシステムの受信チャネルの複素ベースバンドの帯域内 (I) チャネルからの第 1 の複数のデジタル中間周波数 (I F) サンプルと前記複素ベースバンドの直交 (Q) チャネルからの対応する第 2 の複数のデジタル I F サンプルとを受信することと、

前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルと前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルとに基づいて少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することであって、熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツをチェックすることを含む、前記計算することと、

30

を含む、方法。

【請求項 34】

請求項 33 に記載の方法であって、

前記熱雑音を上回る画像帯域における信号コンテンツが、 $I + j Q$  サンプルデータの複素高速フーリエ変換の負のピンを比較することにより検出される、方法。

【請求項 35】

請求項 33 に記載の方法であって、

前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、熱雑音を上回る信号コンテンツに対して前記画像帯域のサブバンドをチェックすることを含む、方法。

40

【請求項 36】

請求項 33 に記載の方法であって、

他のレーダーからの干渉が検出される場合に、前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを計算することが、前記第 1 の複数のデジタル I F サンプルにおいて検出される干渉と前記第 2 の複数のデジタル I F サンプルにおいて検出される干渉との比較のとして前記少なくとも 1 つの欠陥メトリックを再計算することを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本願は、概してレーダーシステムに関し、更に特定して言えば、レーダーシステムにおける欠陥検出に関連する。

【背景技術】

【0002】

人間によるオペレーションエラーを低減するために、先進運転支援システム（A D A S）と称される新たな部類の安全システムが、車両に導入されてきている。これらのシステムは、主としてミリ波オートモーティブレーダーに基づくスマートセンサにより作動可能となる。このような支援システムは、後方カメラ、電子的安定性制御、及びビジョンベースの歩行者検出システムなどの機能を提供し得、このような支援システムの普及は、マイクロコントローラ及びセンサ技術における改善により部分的に可能となってきた。高度な埋め込みレーダーベースの解決策が、A D A S 設計者に相補型安全特性を可能としている。

10

【0003】

オートモーティブレーダーシステムにおいて、車両の周りの障害物、及び検出されたオブジェクトの車両に対する速度を検出するために、1つ又は複数のレーダーセンサが用いられ得る。レーダーセンサにより生成される信号に基づいて、衝突を避けるため又は付随するダメージを低減するためなど、必要とされる適切なアクションを、レーダーシステムにおける処理ユニットが判定し得る。現在のオートモーティブレーダーシステムは、車両の周りのオブジェクト及び障害物、任意の検出されたオブジェクト及び障害物の車両に対する位置、及び任意の検出されたオブジェクト及び障害物の車両に対する速度を検出することが可能である。例えば、処理ユニットを介して、レーダーシステムは、潜在的な危険について車両運転者に通知し得、危険な状況において車両を制御することにより衝突を防止し得、車両の部分的制御を引き継ぎ得、又は車両を駐車する際に運転者を支援し得る。

20

【0004】

自動車用レーダーシステムは、道路車両機能安全性（Road Vehicles-functional Safety）と題された国際規格（I S O）26262の機能安全性の仕様を満たすために必要とされる。I S O 26262は、機能安全性を、電気/電子システムの機能不良挙動によって引き起こされる不適切なリスクがないことと定義している。自動車用レーダーにおける機能安全性は、レーダーの構成要素の欠陥に起因する人間に対する被害の予防である。自動車用レーダーの場合、レーダーは、約100ミリ秒（m s）のフォールトトレラント時間インターバル内で適切に機能することが既知であるべきである。そのため、車両が動作している間、信号対ノイズ比（S N R）の劣化を引き起こし得る、レーダーの如何なる部分における欠陥も検出されるべきであり、約100 m s内に適切な応答が成されるべきである。

30

【発明の概要】

【0005】

記載される例において、レーダーシステムが、複素ベースバンドと、複素ベースバンドの帯域内（I）チャネルから第1の複数のデジタル中間周波数（I F）サンプルを、及び直交（Q）チャネルから複素ベースバンドの対応する第2の複数のデジタルI Fサンプルを受信するように受信チャネルに結合されるプロセッサを含む。プロセッサは、第1の複数のデジタルI Fサンプル及び第2の複数のデジタルI Fサンプルに基づいて少なくとも一つの欠陥メトリック（metric）を演算するため命令を実行するように構成される。

40

【0006】

少なくとも一つの例において、レーダーシステムにおける欠陥検出のための方法が、レーダーシステムの受信チャネルの複素ベースバンドの帯域内（I）チャネルから第1の複数のデジタル中間周波数（I F）サンプルを、及び複素ベースバンド直交（Q）チャネルから対応する第2の複数のデジタルI Fサンプルを受信すること、第1の複数のデジタルI Fサンプル及び第2の複数のデジタルI Fサンプルに基づいて少なくとも一つの欠陥メトリックを算出すること、及び少なくとも一つの欠陥メトリックに基づいて欠陥が生じたか否かを判定することを含む。

50

**【図面の簡単な説明】****【 0 0 0 7 】**

【図 1】受信チャネルにおいて複素ベースバンドを備える例示の周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステムのブロック図である。

**【 0 0 0 8 】**

【図 2】FMCWレーダーシステムの複素ベースバンドにおける欠陥検出のための方法のフローチャートである。

**【 0 0 0 9 】**

【図 3】例示の周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステムのブロック図である。

**【 0 0 1 0 】**

【図 4】図 3 の FMCWレーダーにおけるレーダーシステムオンチップ（SOC）の一実施例のブロック図である。

**【発明を実施するための形態】****【 0 0 1 1 】**

図面において、一貫性を保つため同様の要素は同様の参照数字で示す。

**【 0 0 1 2 】**

例示の実施例は、例えば、動作する車両において、レーダーシステムが用いられるようなレーダーシステムの受信チャネルにおける機能的安全性モニタリングを提供する。より具体的には、種々の実施例において、レーダーシステムにおける各複素ベースバンドにおける構成要素の性能は、各複素ベースバンドの I（帯域内）チャネル及び Q（直交）チャネルにおいて生成される信号に基づいて一つ又は複数の欠陥メトリックを算出することによって監視される。欠陥メトリックは、一次レーダー機能を中断することなく、レーダーシステムの通常オペレーションの間演算される。欠陥メトリックは、複素ベースバンドの I チャネル及び Q チャネルにおける受信信号のエネルギーの比、複素ベースバンドの I チャネル及び Q チャネルにおける受信信号間の相互相関、及び画像帯域におけるスペクトルコンテンツ、の一つ又は複数であり得る。

**【 0 0 1 3 】**

実施例は本願において、周波数変調連続波（FMCW）レーダーを参照して記載されている。FMCWレーダーは、一つ又は複数の送信アンテナを介して、チャープと称される無線周波数（RF）周波数ランプを送信する。また、複数のチャープが、フレームと称されるユニットで送信され得る。送信されたチャープは、レーダーの視野（FOV）における任意のオブジェクトから反射され、一つ又は複数の受信アンテナにより受信される。各受信アンテナに対する受信信号が、中間周波数（IF）信号にダウンコンバートされ、その後デジタル化される。全フレームに対するデジタル化されたデータが受信された後、FOVにおける任意のオブジェクトを検出し、検出されたオブジェクトのレンジ、速度及び到来角を識別するために、データが処理される。

**【 0 0 1 4 】**

図 1 は、受信チャネルにおいて複素ベースバンドを備える例示の周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステムのブロック図である。この例では、FMCWレーダーシステムは、局部発振器生成器（LO Gen）100、送信チャネル102、受信チャネル104、及びデジタルシグナルプロセッサ（DSP）106を含む。LO生成器100は、送信チャネル102を介する送信のため周波数変調無線周波数（RF）信号を生成するように構成される。送信チャネルは、RF信号を受信及び増幅するようにLO生成器100に結合されるパワー増幅器（PA）108、及び送信のため増幅された信号を受信するようにPAに結合される送信アンテナ110を含む。

**【 0 0 1 5 】**

受信チャネル104は、反射された送信されたRF信号を受信するための受信アンテナ112、RF信号を受信し、受信されたRF信号を増幅するように受信アンテナ112に結合される低ノイズ増幅器（LNA）114、及び増幅された受信したRF信号を受信するようにLNA114に結合される複素ベースバンドを含む。複素ベースバンドは、Iチ

10

20

30

40

50

ヤネル及びＱチャネルを含む。各チャネルは、信号を受信するようにＬＮＡ１１４に結合されるミキサ１１６、１１８を含む。また、各ミキサ１１６、１１８は、オリジナルのＲＦ信号を受信するようにＬＯ生成器１００に結合される。特に、Ｉチャネルにおけるミキサ１１６は信号同相を受信し、Ｑチャネルにおけるミキサ１１８は、９０度位相がずれた信号を受信する。ミキサ１１６、１１８は、入力信号を混合してそれぞれのＩ及びＱ ＩＦ信号を生成する。各ミキサ１１６、１１８は、ＬＮＡ１１４及びＬＯ生成器１００から受信した入力の周波数間の差に等しい周波数を有する出力信号を生成するダウンコンバータとして機能する。

#### 【００１６】

各チャネルにおいて、中間周波数（ＩＦ）増幅器１２０、１２２が、それぞれのＩＦ信号を受信するようにそれぞれのミキサ１１６、１１８に結合される。例えば、各ＩＦ増幅器１２０、１２２は、ＩＦ信号をフィルタリングするためのベースバンドパスフィルタ、及び、フィルタされたＩＦ信号を増幅するための可変利得増幅器（ＶＧＡ）を含み得る。アナログデジタルコンバータ（ＡＤＣ）１２４、１２６が、それぞれのアナログＩ及びＱ ＩＦ信号を受信し、デジタル信号に変換するように、各ＩＦ増幅器１２０、１２２に結合される。また、各ＡＤＣ１２４、１２６は、ＦＭＣＷレーダー信号処理のため、デジタル信号をＤＳＰ１０６に提供するためデジタルシグナルプロセッサ（ＤＳＰ）１０６に結合される。また、ＤＳＰ１０６は、図２の欠陥検出方法の一実施例を実装する命令を実行するようにプログラムされ得る。図３を参照してより詳細に記載されるように、ＤＳＰは、複素ベースバンドから受信したサンプルを用いて一つ又は複数の欠陥メトリックを演算するために用いられ得る。一つ又は複数の欠陥メトリックはその後、存在する場合、複素ベースバンドにおける構成要素の欠陥を検出するために用いられ得る。

#### 【００１７】

図２は、ＦＭＣＷレーダーシステムの複素ベースバンドを用いる欠陥検出のための方法のフローチャートである。この方法は、単一受信チャネルにおける単一の複素ベースバンドを仮定して記載されている。各々が複素ベースバンドを有する複数の受信器を備えるレーダーシステムでは、この方法は、各複素ベースバンドに対して実施され得る。初期的に、チャープのフレームに対してデジタルＩ及びＱ ＩＦサンプルが、複素ベースバンドのＩ及びＱチャネルから受信される２００。Ｉチャネルからの信号のＤＣ（直流）オフセット、及びＱチャネルからの信号がその後演算される２０２。それぞれのＤＣオフセットは、それぞれのチャネルからのサンプルの平均として演算され得る。

#### 【００１８】

エネルギー比欠陥メトリック $M_1$ がその後演算される２０４。エネルギー比欠陥メトリックは、Ｉチャネル及びＱチャネルにおける受信信号のエネルギーの比である。この欠陥メトリックが１に近くなるべきであることが予測される。この欠陥メトリックが１とは著しく異なるか否かをチェックすることにより、何らかの欠陥が検出され得る。欠陥メトリックは下記により演算され得る。

$$M_1 = E\{|I|^2\} / E\{|Q|^2\}$$

ここで、 $E\{\cdot\}$ は、予測、即ち、それぞれのＩ又はＱチャネルからのサンプルの平均平方エネルギーを示す。例えば、 $E\{|I|^2\}$ は、下記により演算され得る。

$$E\{|I|^2\} = \frac{\sum_{i=1}^n |I_i|^2}{n}$$

ここで、 $n$ はＩサンプルの数である。 $E\{|Q|^2\}$ が同様に演算される。具体的には示さないが、この欠陥メトリックが演算される前に、それぞれのＤＣオフセットが各サンプルから減じられる。

#### 【００１９】

また、相互相関欠陥メトリック $M_2$ が演算される２０６。相互相関欠陥メトリックは、Ｉ及びＱチャネルにおいて受信された信号間の相互相関を測定する。この欠陥メトリック



がゼロに近くなるべきであることが予測される。この欠陥メトリックがゼロとは著しく異なるか否かをチェックすることにより、何らかの欠陥が検出され得る。欠陥メトリックは下記により演算され得る。

$$M_2 = E\{IQ\} / \sqrt{E\{|I|^2\} \times E\{|Q|^2\}}$$

ここで、 $E\{|I|^2\}$  及び  $E\{|Q|^2\}$  は上述したように演算され、 $E\{IQ\}$  は下記により演算される。

$$E\{IQ\} = \sum_{i=1}^n (I_i \times Q_i)$$

10

ここで、 $n$  は  $I$  サンプル及び  $Q$  サンプルの数である。具体的には示さないが、この欠陥メトリックが演算される前に、それぞれの  $DC$  オフセットが各サンプルから減じられる。

【0020】

また、画像帯域スペクトルコンテンツ欠陥メトリック  $M_3$  が演算される 208。「画像帯域」という用語は、実際のビート周波数（帯域内）スペクトルのミラー周波数スペクトルを指す。機能的  $FM CW$  レーダーにおいて、検出されたオブジェクトに対応するピークは、スペクトルの一つの側のみに存在するはずである。画像帯域における過剰なコンテンツについてチェックすることにより何らかの欠陥が検出され得る。より具体的には、構成要素欠陥がない場合、画像帯域スペクトルは熱雑音のみを含むはずである。そのため、画像帯域における過剰な又は予測されない（スプリアス）信号コンテンツ、即ち、熱雑音を表さない信号コンテンツについてチェックすることにより何らかの欠陥が検出され得る。この欠陥メトリックの値は、スプリアスコンテンツが画像帯域において存在するか否かを示すように設定される。

20

【0021】

例えば、欠陥メトリックは、画像帯域におけるエネルギーの、受信チャネルの熱的又は全体的なノイズレベルに対する比として演算され得る。この欠陥メトリックを演算するために任意の適切な技法が用いられ得る。例えば、幾つかの実施例において、欠陥メトリックは、 $I + jQ$  サンプルデータの複素高速フーリエ変換（ $FFT$ ）を算出し、画像帯域ビン、即ち、負の  $FFT$  ビンを、熱雑音エネルギー閾値と比較することによって演算され得る。画像帯域ビンの任意のものが閾値を超え、 $M_3$  の値がそれに従って設定される場合、画像帯域におけるスプリアスコンテンツが示される。幾つかの実施例において、欠陥メトリックは、画像帯域コンテンツのみを抽出するために複素  $I + jQ$  データをフィルタを介して通過させることにより演算され得、フィルタされたサンプル（画像帯域信号を含む）のエネルギーはメトリックとして用いられる。後者の場合において、フィルタされたサンプルは、画像帯域における過剰な又は予測されない信号コンテンツを検出するために熱雑音エネルギー閾値と比較される。

30

【0022】

例えば、熱雑音エネルギー閾値の値は、経験的に決定され得、又は、いかなる欠陥もない場合に、ランダム熱雑音を含むサンプルが閾値を超える可能性が非常に小さくなるように、確率分析計算を用いて決定され得る。受信チャネルの予測された熱雑音レベルは、製造テストなどに基づいて、機能オペレーションの間の  $ADC$  出力サンプルを観察することにより、又は、送信チャネル（ $TX$ ）がオフにされた状態で受信チャネルが動作されるか、又は受信チャネル（ $RX$ ）が内部  $TX - RX$  ループバックテストモードで動作されるオペレーションの特殊な較正モードを用いることにより判定され得る。

40

【0023】

幾つかの実施例において、スペクトルコンテンツ欠陥メトリックは、画像帯域内のサブバンドにおいて演算され得、そのため、画像帯域におけるいかなるスプリアスコンテンツ（スパイク）もより正確に検出され得る。従って、各サブバンドにおける熱雑音はより小

50

さくなり、そのためスプリアスコンテンツが、一層容易に検出され得る。そのような実施例において、各サブバンドにおける熱雑音の量が変化し得るので異なる熱雑音閾値が各サブバンドに必要とされ得る。全画像帯域に対して上述したように各サブバンドにおける予測された熱雑音レベルが判定され得る。

#### 【0024】

また、画像帯域スペクトルコンテンツ欠陥メトリックを用いるとき、例えば、対向車のレーダーなどの別のレーダーからの干渉が、欠陥検出を起こし得る。これは、応用例に応じて、所望とされる場合もあり、所望とされない場合もある。干渉の存在が欠陥の検出として扱われるべき場合、改変なしに画像帯域スペクトルコンテンツ欠陥メトリックを用いることができる。しかし、受信チェーン回路要素における恒久的な欠陥のみが欠陥の検出として扱われるべきである場合、画像帯域スペクトルコンテンツメトリックは、別のレーダーからの干渉の存在が疑われるときはいつも条件付きで無視されるべきである。このような別のレーダーからの干渉は、典型的に一時的な現象であり、チャープにおける数個のサンプルにのみ影響を与える。例えば、干渉の存在は、受信した時間ドメインI及びQサンプルにおける一時的スパイクとして検出され得る。また、例えば、時間ドメインにおけるサンプルにおける一時的スパイクが、I又はQ時間ドメインサンプルの二乗平均平方根（平方平均と称されることもある）の関数として判定され得る。干渉が検出される場合、画像帯域スペクトルコンテンツ欠陥メトリックは無視され得る。例えば、欠陥メトリック $M_3$ は、たとえメトリックの演算がスプリアスコンテンツを示したとしても、スプリアスコンテンツを示さないように設定され得る。

#### 【0025】

別のレーダーからの干渉は、同様にIチャンネル及びQチャンネル両方に影響を与えるはずである。幾つかの実施例において、時間ドメインサンプルにおいて干渉が検出される場合、Iチャンネル及びQチャンネルの各々における一時的スパイクに対応する時間ドメインサンプルは、スパイク検出閾値と比較され得る。一つのチャンネルがスパイクを示し、他のチャンネルが示さない場合、複素ベースバンドの欠陥が示され得、例えば、欠陥メトリック $M_3$ は、干渉が検出されたという事実にもかかわらずスプリアスコンテンツを示すように設定され得る。例えば、スパイク検出閾値の値は、経験的に決定され得、又は、いかなる欠陥もない場合に、サンプルが閾値を超える可能性が非常に小さくなるように、確率分析計算を用いて決定され得る。

#### 【0026】

図2を参照すると、欠陥メトリックが演算された後、欠陥メトリックは、複素ベースバンドにおいて欠陥が生じたか否かを判定するために用いられる210。例えば、エネルギー比欠陥メトリック $M_1$ は、メトリックが十分に1に近いかを判定するために閾値と比較され得る。同様に、相互相関欠陥メトリック $M_2$ は、メトリックが十分にゼロに近いかを判定するために閾値と比較され得る。例えば、各閾値は、経験的に決定され得、又は、いかなる欠陥もない場合に、対応するメトリックが閾値を超える可能性が非常に小さくなるように、確率分析計算を用いて決定され得る。更に、スプリアスコンテンツが画像帯域において検出されたかを調べるために、画像帯域スペクトルコンテンツ欠陥メトリック $M_3$ の値がチェックされ得る。これらの欠陥メトリックの任意の一つが欠陥を示す場合、レーダーシステムの欠陥が生じている。

#### 【0027】

上述した方法は、レーダーシステムの通常オペレーションの間、実施される。レーダーシステムの複素ベースバンドが正しく動作すると仮定すると、欠陥メトリックは、欠陥（検出するように設計される欠陥メトリックのタイプ）がないことを確認する。更に、欠陥メトリックは、種々の通常動作条件に対してロバストである。例えば、レーダーシステムのFovにオブジェクトがない場合、受信信号は熱雑音であり得、これは、レーダーシステムを正しく動作させるために（任意のIQミスマッチを補償した後）、

$$M_1 \cong 1$$

10

20

30

40

50

及び

$$M_2 \cong 0$$

を満たし得、 $M_3$  は、スプリアススペクトルコンテンツを示さない。別の例において、レーダーシステムの F O V において一つ又は複数のオブジェクトがある場合、受信信号は、複素ベースバンドのスペクトルの一つの側にあるべきである一つ又は複数のオブジェクトに対応するビート周波数トーンを含み得る。正しく動作するレーダーシステム（任意の I Q ミスマッチを補償した後）は、

$$M_1 \cong 1$$

10

及び

$$M_2 \cong 0$$

を満たし得、 $M_3$  は、スプリアススペクトルコンテンツを示さない。

【 0 0 2 8 】

表 1 ～ 表 4 は、4 つの例示のシナリオにおける 4 つの例示の欠陥ケースにおける欠陥メトリックを用いたシミュレーションされた結果を図示する。表 1 は、 $M_1$  に対して 2 d B の閾値を用いて、I チャンネルにおいて 3 d B の利得低下（欠陥）が生じるときの各欠陥メトリックに対するシミュレーションされた欠陥検出結果を図示する。表 2 は、Q チャンネルにおいて 1 0 度の位相変化（欠陥）が生じるときの各欠陥メトリックに対するシミュレーションされた欠陥検出結果を図示する。表 3 は、ノイズのみが熱雑音レベルに類似するレベルでチャンネルから出るように、Q チャンネルが失敗したときの各欠陥メトリックに対するシミュレーションされた欠陥検出結果を図示する。表 4 は、I チャンネル全パワー（信号 + ノイズ）類似するレベルでノイズのみチャンネルがから出るように、Q チャンネルが失敗したときのシミュレーションされた欠陥検出結果を図示する。

20

表 1

例示のシナリオ	$M_1$	$M_2$	$M_3$	コメント
オブジェクトが存在しない	警告！	—	—	$M_1$ が 4 つ全てのシナリオにおいて欠陥を検出する。
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する	警告！	—	警告！	
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する、強いバンパー反射（フィルタで除かれる）	警告！	—	警告！	オブジェクトが強い場合、 $M_3$ も欠陥を検出する。
一つ又は複数の非常に弱いオブジェクトが存在する	警告！	—	—	

30

40

50

表 2

例示のシナリオ	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	コメント
オブジェクトが存在しない	—	警告！	—	M <sub>2</sub> が4つ全てのシナリオにおいて欠陥を検出する。
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する	—	警告！	警告！	
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する、強いバンパー反射（フィルタで除かれる）	—	警告！	警告！	オブジェクトが強い場合、M <sub>3</sub> も欠陥を検出する。
一つ又は複数の非常に弱いオブジェクトが存在する	—	警告！	—	

10

20

表 3

例示のシナリオ	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	コメント
オブジェクトが存在しない	—	—	—	欠陥は検出されないが、恐らく重要ではない
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する	警告！	—	警告！	オブジェクトが強い場合、M <sub>1</sub> 及びM <sub>3</sub> が欠陥を検出する
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する、強いバンパー反射（フィルタで除かれる）	警告！	—	警告！	
一つ又は複数の非常に弱いオブジェクトが存在する	—	—	警告！	M <sub>3</sub> のみが欠陥を検出する。

30

40

50

表 4

例示のシナリオ	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	コメント
オブジェクトが存在しない	—	—	—	欠陥は検出されないが、恐らく重要ではない
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する	警告！	—	—	これらのケースではM <sub>1</sub> のみが欠陥を検出する
一つ又は複数の強いオブジェクトが存在する、強いバンパー反射（フィルタで除かれる）	警告！	—	—	
一つ又は複数の非常に弱いオブジェクトが存在する	—	—	警告！	このケースではM <sub>3</sub> のみが機能する。

10

20

## 【 0 0 2 9 】

図 3 は、車両における通常オペレーションの間、レーダーシステムの受信チャンネルの複素ベースバンドを用いて欠陥検出を実施するように構成される、例示の周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステム 300 のブロック図である。例示の FMCW レーダーシステム 300 は、レーダーシステムオンチップ（SOC）302、処理ユニット 304、及びネットワークインタフェース 306 を含む。レーダー SOC 302 の例示のアーキテクチャが、図 4 を参照して説明される。

## 【 0 0 3 0 】

レーダー SOC 302 は、高速シリアルインタフェースを介して処理ユニット 304 に結合される。別の実施例において、処理ユニット 304 はレーダー SOC 302 内部に統合され得る。図 4 を参照してより詳細に記載されるように、レーダー SOC 302 は、複数の受信チャンネルを含み、各受信チャンネルが、高速シリアルインタフェースを介して処理ユニット 304 に提供される、一対のデジタル I 及び Q IF 信号（代替として、デチャープされた信号、ビート信号、又は生レーダー信号と称される）を生成する複素ベースバンドを有する。

30

## 【 0 0 3 1 】

処理ユニット 304 は、任意の検出されたオブジェクトの距離、速度、及び角度を判定するために受信したレーダー信号を処理するなどの、レーダー信号処理を実施する機能を含む。また、処理ユニット 304 は、オブジェクトをトラッキングし、動きのレート及び方向を判定するなど、検出されたオブジェクトについての情報の後処理を実施する機能を含み得る。更に、処理ユニット 304 は、デジタル I 及び Q IF 信号の各対を用いて欠陥検出を実施する機能を含む。より具体的には、処理ユニット 304 は、複素ベースバンドにおいて生成されたデジタル I 及び Q IF 信号に基づいてレーダー SOC 302 における各複素ベースバンドのための図 2 の方法の一実施例に従って、上述したメトリックの一つ又は複数を演算する機能を含む。更に、処理ユニット 304 は、レーダー欠陥が、演算されたメトリックに基づいてネットワークインタフェース 106 を介して車両のオペレータに示され得るようにする機能を含む。

40

## 【 0 0 3 2 】

処理ユニット 304 は、レーダーデータを用いる応用例の処理スループットに必要とさ

50

れるように、任意の適切なプロセッサ又はプロセッサの組み合わせを含み得る。例えば、処理ユニット304は、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、マイクロコントローラ(MCU)、DSP及びMCU処理両方を組み合わせるSOC、又は、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)及びDSPを含み得る。

#### 【0033】

処理ユニット304は、必要に応じて、ネットワークインタフェース306を介して車両における一つ又は複数の電子的制御ユニットに制御情報を提供し得る。電子的制御ユニット(ECU)は、車両内の一つ又は複数の電氣的システム又はサブシステムを制御する、車両内の任意の埋め込みシステムに対する一般的な用語である。ECUの例示のタイプには、電子的/エンジン制御モジュール(ECM)、パワートレイン制御モジュール(PCM)、送信制御モジュール(TCM)、ブレーキ制御モジュール(BCM又はECM)、中央制御モジュール(CCM)、中央タイミングモジュール(CTM)、汎用電子的モジュール(GEM)、ボディ制御モジュール(BCM)、及びサスペンション制御モジュール(SCM)が含まれる。

#### 【0034】

ネットワークインタフェース306は、コントローラエリアネットワーク(CAN)プロトコル、FlexRayプロトコル、又はEthernetプロトコルなど、任意の適切なプロトコルを実装し得る。

#### 【0035】

図4は、例示のレーダーSOC302のブロック図である。レーダーSOC302は、FMCW信号を送信するための複数の送信チャネル404、及び反射された送信された信号を受信するための複数の受信チャネル402を含み得る。送信チャネル404は、同一であり、送信された信号を増幅するための電力増幅器405、407、及びアンテナを含む。受信チャネルは、適切なレシーバ及びアンテナを含む。また、受信チャネル402の各々は、同一であり、複素ベースバンドに結合される受信信号を増幅するための低ノイズ増幅器(LNA)406、408を含む。

#### 【0036】

各複素ベースバンドは、アナログI及びQ IF信号を生成するため、SOC302において送信生成回路要素により生成された信号を受信信号と混合するための直交ミキサ410、412、それぞれのアナログI及びQ IF信号をフィルタリングするための一対のベースバンドバンドパスフィルタ414、416、それぞれのフィルタされたアナログI及びQ IF信号を増幅するための一対の変利得増幅器415、417、及びそれぞれのアナログI及びQ IF信号をデジタルI及びQ IF信号に変換するための一対のアナログデジタルコンバータ418、420を含む。直交ミキサ410は、いずれも無線周波数(RF)信号である、低ノイズ増幅器及び送信生成回路要素から受信した入力信号の周波数間の差に等しい周波数を有する出力信号を生成するダウンコンバータとして機能する。バンドパスフィルタ、VGA、及びADCは、ベースバンドチェーン又はベースバンドフィルタチェーンと総称され得る。また、バンドパスフィルタ及びVGAは、IF増幅器と総称され得る。

#### 【0037】

受信チャネル402は、デジタルI及びQ IF信号をDFE422に提供するためデジタルフロントエンド(DFE)構成要素422に結合される。DFE422は、データ転送レートを低減するため、デジタルI及びQ IF信号に対してディシメーションフィルタリングを実施する機能を含み得る。また、DFE422は、例えば、RX間利得不均衡非理想性、RX間位相不均衡非理想性、及び同様のものなどの、受信チャネルにおける非理想性のデジタル補償など、デジタルIF信号に対する他のオペレーションを実施し得る。DFE422は、ディシメートされたデジタルI及びQ IF信号を処理ユニット306に搬送するために高速シリアルインタフェース(I/F)424に結合される。

#### 【0038】

シリアル・ペリフェラル・インタフェース(SPI)426は、処理ユニット306と

10

20

30

40

50

の通信のためのインタフェースを提供する。例えば、処理ユニット 306 は、制御情報（チャープのタイミング及び周波数、出力パワーレベル、及びモニタリング機能のトリガなど）を制御モジュール 428 に送るために SPI 426 を用い得る。

【0039】

制御モジュール 428 は、レーダー SOC 302 のオペレーションを制御する機能を含む。例えば、制御モジュール 428 は、DFE 422 の出力サンプルをストアするためのバッファ、バッファコンテンツのスペクトル情報を演算するための FFT（高速フーリエ変換）エンジン、及びレーダー SOC 302 のオペレーションを制御するためファームウェアを実行する MCU を含み得る。

【0040】

プログラマブルタイミングエンジン 432 は、制御モジュール 428 からレーダーフレームにおけるチャープのシーケンスのためのチャープパラメータ値を受信し、パラメータ値に基づいてフレームにおけるチャープの送信及び受信を制御するチャープ制御信号を生成する機能を含む。例えば、チャープパラメータは、レーダーシステムアーキテクチャにより定義され、どのトランスミッタをイネーブルにするか、チャープ周波数開始値、チャープ周波数勾配、チャープ期間、送信チャネルがいつ送信すべきか及び更なるレーダー処理のため DFE 出力デジタルがいつ収集されるべきかのインジケータなどを示すためのトランスミッタイネーブルパラメータを含み得、これらのパラメータの一つ又は複数がプログラム可能であり得る。

【0041】

無線周波数シンセサイザ（SYNTH）430 は、タイミングエンジン 432 からのチャープ制御信号に基づいて送信のため FMCW 信号を生成する機能を含む。幾つかの実施例において、SYNTH 430 は、電圧制御された発振器（VCO）を備える位相ロックループ（PLL）を含む。

【0042】

クロック乗算器 440 は、送信信号（LO 信号）の周波数をミキサ 410、412 の LO 周波数まで増大させる。クリーンアップ PLL（位相ロックループ）434 は、外部低周波数基準クロック（図示せず）の周波数信号を SYNTH 430 の周波数まで増大させ、基準クロック位相ノイズをクロック信号からフィルタして除くように動作する。

【0043】

クロック乗算器 440、シンセサイザ 430、タイミング生成器 432、及びクリーンアップ PLL 434 は、送信生成回路要素の一例である。送信生成回路要素は、クロック乗算器を介して、無線周波数（RF）信号を送信チャネルへの入力として及び受信チャネルにおける直交ミキサへの入力として生成する。送信生成回路要素の出力は、LO（局部発振器）信号又は FMCW 信号と称され得る。

【0044】

メトリックがフレームレベルで演算される例示の実施例が本願において説明される。幾つかの実施例において、メトリックは、フレームにおける各チャープに対して又はフレームにおけるチャープのシーケンスに対して演算される。

【0045】

別の例において、全ての 3 つのメトリックが演算される実施例が本願において記載されている。幾つかの実施例において、一つのメトリックが演算され、又は任意の 2 つのメトリックが演算される。

【0046】

別の例において、メトリックの演算及び欠陥判定の計算がレーダー SOC の外部のプロセッサにおいて実施される実施例が本願において記載されている。幾つかの実施例において、メトリックの演算がレーダー SOC 上のプロセッサによって実施され、その結果が欠陥判定のため SOC の外部のプロセッサに通信され、メトリックの演算及び欠陥判定両方が、SOC 上のプロセッサによって実施され、欠陥指示が SOC の外部のプロセッサに通信される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

別の例において、複素ベースバンドにおける構成要素の一つ又は複数が、本願において説明されるものとは異なり得る。

## 【 0 0 4 8 】

別の例において、FMCWレーダーを参照して実施例が本願において記載されているが、他のタイプのレーダー変調の実施例が可能である。

## 【 0 0 4 9 】

別の例において、レーダーシステムが車両における埋め込みレーダーシステムである幾つかの実施例が本願において記載されているが、監視及びセキュリティ応用例、工場や倉庫におけるロボットの操作、及び工業流位感知等、埋め込みレーダーシステムの他の応用例に対する実施形態も可能である。

10

## 【 0 0 5 0 】

本明細書において、方法のステップが順次提示され説明されるが、図に示され、及び/又は、本明細書に説明されるステップの1つ又は複数が、同時に実施され得、組み合わせられ得、及び/又は、異なる順に実施され得る。従って、実施例は、図に示され、及び/又は、本明細書に説明される特定の順に限定されない。

## 【 0 0 5 1 】

本願において説明される方法の全て又は一部を実装するソフトウェア命令は、初期的に、コンピュータ可読媒体にストアされ得、プロセッサによりロードされ得、実行され得る。幾つかの場合において、ソフトウェア命令は、例えば、着脱可能なコンピュータ読出し可能な媒体を介して、別のデジタルシステム上のコンピュータ読出し可能な媒体から伝送通路などを介して、分配され得る。コンピュータ読み取り可能媒体の例には、読み出し専用メモリデバイスなどの書き込み不能ストレージ媒体、ディスク、フラッシュメモリ、メモリ、又はそれらの組み合わせなどの書き込み可能ストレージ媒体が含まれる。

20

## 【 0 0 5 2 】

レーダーシステムにおける構成要素は、異なる名称で参照され得、及び/又は、説明された機能から逸脱することなく、本明細書に示されない方式で組み合わせられ得る。本説明において、用語「結合する」及びその派生語は、間接的、直接的、光学的、及び/又はワイヤレス電氣的接続を含む。例えば、第1のデバイスが第2のデバイスに結合する場合、そのような接続は、直接的な電氣的接続を介して、他のデバイス又は接続を介する間接的な電氣的接続を介して、光学的電氣的接続を介して、及び/又は、ワイヤレス電氣的接続を介してなされ得る。

30

## 【 0 0 5 3 】

本発明の特許請求の範囲内で、説明した例示の実施例に改変が成され得、他の実施例が可能である。

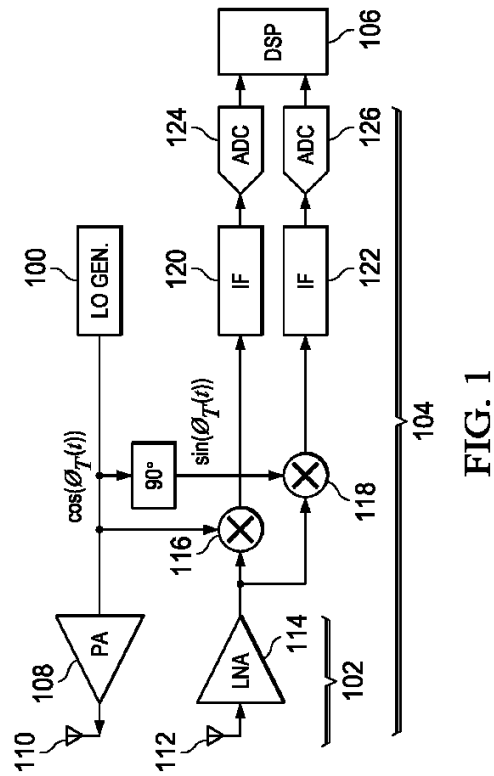
40

50



【図面】

【 図 1 】



【図 2】

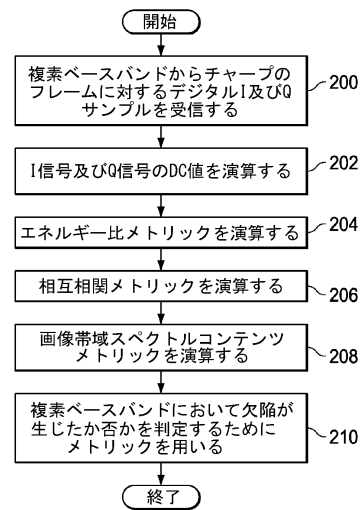


FIG. 2

【 図 3 】

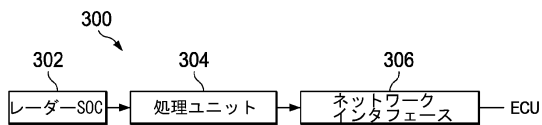


FIG. 3

【 図 4 】

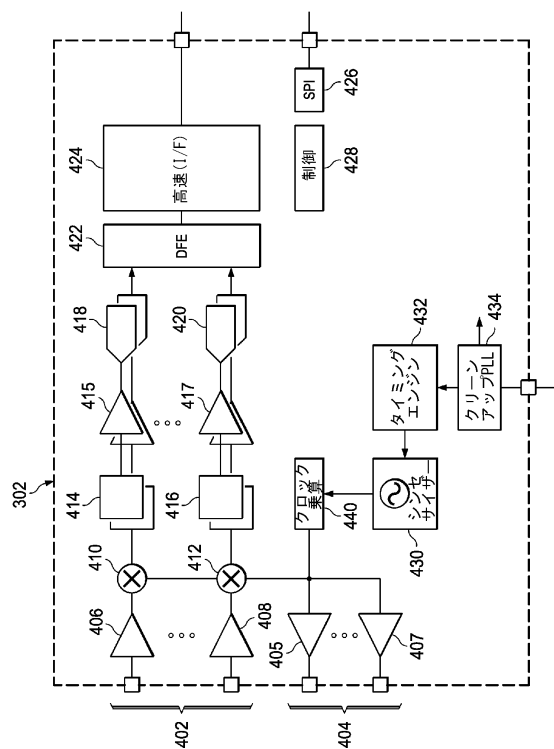


FIG. 4

## フロントページの続き

ガロール, オールド マドラス ロード, パイ レイアウト, 16イー クロス, クリシュナジ  
ート シェルターズ 305エイ

(72)発明者 カーティク ラマスブラマニアン

インド 560038 ケイエイ, バンガロール, インディラナガール セカンド ステージ, フ  
ィフテーンズ クロス 82, シトラス コート 003

審査官 東 治企

(56)参考文献 特開2006-017622(JP, A)

特開2000-338230(JP, A)

特開2007-243724(JP, A)

特開昭64-083174(JP, A)

特許第2950818(JP, B1)

特開2004-215390(JP, A)

特開平09-101340(JP, A)

特開平04-269683(JP, A)

特開2000-183665(JP, A)

米国特許第05369411(US, A)

特開2008-203148(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - 7/42

G01S 13/00 - 13/95

G08G 1/16